

★JENA P81;S02 2000-014521/02 ★DE 19822869-A1
Optical near-field microscope

ZEISS JENA GMBH CARL 1998.05.22 1998DE-1022869

S03 (1999.11.25) G02B 21/00

Novelty: The microscope has a probe tip arranged on one side of a transparent sample, which moves in a raster pattern. The tip acts as a point light source. An optical system is arranged on the other side of the sample to focus the light transmitted through the sample and transfer it to a detector unit, or to focus illumination light. The detector tracks the raster pattern in synchronism with the probe tip.

Use: For scanning near-field optical microscope.

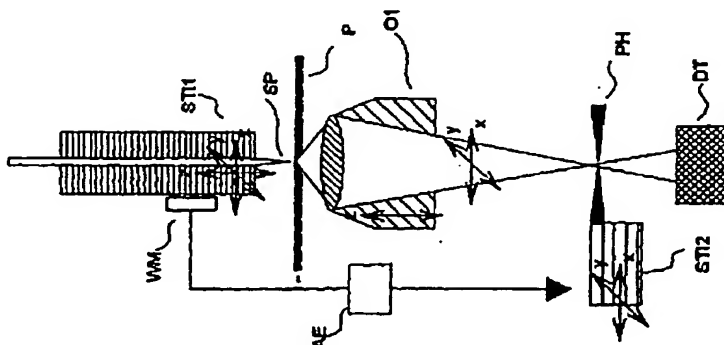
Advantage: Allows confocal detection of light from the sample or illumination of the sample.

Description of Drawing(s): The figure shows an optical arrangement with the probe tip acting as a light source.

(7pp Dwg.No.2/6)

N2000-011329

S02-J04B1; S03-E04R



RA



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 22 869 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 02 B 21/00

⑳ Aktenzeichen: 198 22 869.4
㉔ Anmeldetag: 22. 5. 98
㉕ Offenlegungstag: 25. 11. 99

DE 198 22 869 A 1

⑦ Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦② Erfinder:
Wiegräbe, Winfried, Dr., 07745 Jena, DE; Antrack,
Torsten, Dipl.-Ing., 07745 Jena, DE; Lange, Ralph,
Dipl.-Ing., 07747 Jena, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
US 55 60 244
EP 05 07 628 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Optisches Nahfeldmikroskop

⑤⑦ Optisches Nahfeldmikroskop mit einer auf einer Seite einer lichtdurchlässigen Probe angeordneten rasterartig bewegten Sondenspitze, die als Punktlichtquelle dient, wobei auf der anderen Seite der Probe eine Optik zur Sammlung von durch die Probe transmittiertem Licht und Übertragung auf eine Detektionseinheit oder zur Sammlung von Beleuchtungslicht vorgesehen ist, wobei detektionsseitig eine Anpassung an die Bewegung der Sondenspitze erfolgt oder die Sonde zur Erfassung von Probenlicht dient und der Sonde in Beleuchtungsrichtung eine Detektionseinheit nachgeordnet ist und auf der anderen Seite der Probe eine der Sondenbewegung angepaßte rasterartige Beleuchtung erfolgt.

DE 198 22 869 A 1

DE 198 22 869 A 1

1

Beschreibung

In Fig. 1 ist der bekannte Aufbau einer SNOM-Anordnung dargestellt.

Eine als Spitze SP ausgeformte Nahfeldsonde befindet sich in einem Abstand kleiner der Lichtwellenlänge über der Oberfläche einer transparenten Probe P. Die Probe ist auf einem in X/Y/z-Richtung verfahrbaren Scanningtisch STI gehalten, so daß die Probe über die Spitze SP zeilenweise abgerastert werden kann. Die Ansteuerung des Scanningtisches STI erfolgt über eine Ansteuereinheit AE. Mittels eines Objektives O1 wird das nicht absorbierte Licht gesammelt und mittels eines hinter einem Pinhole PH zur Streulichtunterdrückung angeordneten Detektors DT, beispielsweise einer Avalanchodiode oder eines PMT, seine Intensität gemessen. Daraus wird ein Bild der Oberfläche der Probe zusammengesetzt. Bekannt ist es weiterhin, den Lichtweg umzukehren und durch das Objektiv die Probe zu beleuchten, wobei das transmittierte Licht durch die Spitze SP eingesammelt wird.

Durch die Scanbewegung der Probe ergeben sich Einschränkungen der Probengeometrie und der maximal erreichbaren Scangeschwindigkeit. Einer Scanbewegung der Spitze steht entgegen, daß sich Sonde und optischer Aufbau gegeneinander bewegen. Dadurch ist es z. B. nicht möglich, das von der Sonde emittierte Licht konfokal zu detektieren bzw. die zu untersuchende Probenstelle konfokal zu beleuchten. Ersteres ist vorteilhaft zur Streulichtunterdrückung, die zweite Anordnung verhindert das Ausbleichen von Farbstoffen bei Fluoreszenzmessungen. Des weiteren ist das Ausblenden größerer oder kleinerer Aperturen (z. B. forbidden light) nicht möglich ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden.

Die Aufgabe wird durch ein optisches Nahfeldmikroskop gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 2 eine erste optische Anordnung mit der Sonde als Lichtquelle.

Fig. 3 eine weitere Ausführung

Fig. 4 eine weitere Ausführung

Fig. 5 die bewegte Sondenspitze in einem inversen mikroskopischen Strahlengang eines Laser-Scanning-Mikroskopes

Fig. 6 Die bewegte Sondenspitze zur Detektion mit einem LSM-Strahlengang zur Probenbeleuchtung.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung, bei der die Sonde SP in einer Scaneinheit STI1, beispielsweise einem Piezoscanner gelagert ist und eine Scanbewegung ausführt.

Über ein Wegmeßsystem WM wird die Momentanposition der Sonde SP erfaßt und mittels einer Scaneinheit STI2 das Pinhole PH entsprechend nachgeführt.

Hat der Detektor DT eine ausreichend große empfindliche Fläche, muß er nicht bewegt werden, ansonsten kann er gemeinsam mit dem Pinhole PH durch STI2 bewegt werden.

Das Wegmeßsystem WM sowie die Scaneinheit STI2 sind mit der Ansteuereinheit AE verbunden.

In Fig. 3 erfolgt statt einer Nachführung des Pinholes PH die Ansteuerung eines dem Objektiv O1 nachgeordneten Scanspiegels SM, der über die Ansteuereinheit AE entsprechend der Bewegung der Spitze SP so angesteuert wird, daß die Spitze der Sonde SP immer auf das Pinhole PH abgebildet wird.

In den in Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen

2

kann der Lichtweg umgekehrt werden. Die Sondenspitze wird konfokal beleuchtet und das von der Sonde gesammelte Licht wird dem Detektor zugeführt.

In Fig. 4 ist ein Aufbau realisiert der auf der Detektionsseite ohne bewegliche Teile auskommt. Die einzelnen Pixel einer CCD-Kamera übernehmen die Funktion des konfokalen Pinholes. Durch das Wegmeßsystem WM und die Ansteuereinheit AE wird sichergestellt, daß nur die konfokal beleuchteten Pixel aktiv sind.

In Fig. 5 und 6 ist das Optische Nahfeldmikroskop SNOM oberhalb des Objektisches eines inversen Lichtmikroskopes M angeordnet.

An diesem Lichtmikroskop befindet sich das Scanmodul S eines konfokalen Laser Scanning-Mikroskopes (LSM) oder Teile davon.

Ein Lasermodul LM beinhaltet Laser L zur Beleuchtung der Probe P über Lichtleitfasern LF1, LF2.

Die Laser werden über Teilerspiegel TS zusammengeführt und über einen AOTF sowie eine Einkoppleinheit EO in die Lichtleitfasern LF1, 2 eingekoppelt.

Der Scankopf S kann sowohl an den Phototubus eines aufrechten Mikroskopes sowie auch an einen seitlichen Ausgang eines inversen Mikroskopes M, wie dargestellt, angesetzt werden.

Der mikroskopische Strahlengang in der Mikroskopeinheit M besteht aus Lichtquelle LQ, Beleuchtungsoptik O2, Strahlteiler ST1, Objektiv O3, Probe P, in Richtung der Beobachtung Detektion einer ersten Tubuslinse TL1, einem Beobachtungsstrahlengang mit einer zweiten Tubuslinse TL2 sowie einem Strahlteiler ST zur Ein- bzw. Auskoppelung des Scanstrahls.

Das Licht der Laser L wird in Fig 5 in die Spitze SP des SNOM eingekoppelt. Die eigentliche Scaneinheit S besteht aus Scanningobjektiv SL, Scanner SC mit nicht dargestellten Scanspiegeln, Umlenkspiegel SP und einer gemeinsamen Abbildungsoptik O4 für die Detektionskanäle.

Der Umlenkspiegel SP nach der Abbildungsoptik O4 spiegelt die vom der Probe P kommende Strahlung in Richtung dichroitischer Strahlteiler DS 1-3 im konvergenten Strahlengang der Abbildungsoptik O4, denen in Richtung und senkrecht zur optischen Achse verstellbare und in ihrem Durchmesser veränderbare Pinholes PH1-4, individuell für jeden Detektionskanal sowie Emissionsfilter und geeignete Empfängerelemente nachgeordnet sind.

Wiederum wird über das Wegmeßsystem WM die aktuelle Position der Spitze SP ermittelt und über die Ansteuereinheit AE der Scanspiegel SC des LSM-Scanmoduls S so angesteuert, daß die Spitze SP auf die Pinholes PH 1-4 abgebildet wird.

In Fig. 6 wird das transmittierte Licht durch die Spitze SP und einen Detektor DT detektiert.

Die Beleuchtung bzw. Fluoreszenzanregung erfolgt durch den konfokalen Beleuchtungsstrahlengang des LSM-Scanmoduls S.

Die Einkopplung der Lichtleitfasern LF1, LF2 erfolgt mittels einer verschiebblichen Kollimationsoptik KO sowie Strahlumlenelementen ST2.

Mittels eines teildurchlässigen Spiegels ST3 wird ein Überwachungsstrahlengang in Richtung einer Monitordiode MD, der, vorteilhaft auf einem nicht dargestellten drehbaren Filterrad Linienfilter LF sowie Neutralfilter ND vorgeordnet sind, ausgeblendet.

Der Beleuchtungsfleck wird mittels des Scanspiegels SC, dem Wegmeßsystem WM und der Ansteuereinheit AE der Bewegung der Spitze über STI1 nachgeführt.

DE 198 22 869 A 1

3

Patentansprüche

1. Optisches Nahfeldmikroskop mit einer auf einer Seite einer lichtdurchlässigen Probe angeordneten rasterartig bewegten Sondenspitze, die als Punktlichtquelle dient, wobei auf der anderen Seite der Probe eine Optik zur Sammlung von durch die Probe transmittiertem Licht und Übertragung auf eine Detektionseinheit oder zur Sammlung von Beleuchtungslicht vorgesehen ist, wobei detektionsseitig eine Anpassung an die Bewegung der Sondenspitze erfolgt. 5
2. Optisches Nahfeldmikroskop nach Anspruch 1, wobei die Sonde als Punktlichtquelle ausgebildet ist und über die Ansteuereinheit eine zur Bewegung der Sondenspitze synchronisierte rasterartige Nachführung des Detektionsstrahlenganges erfolgt. 15
3. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der nachgeführte Strahlengang die Sonde konfokal auf den Detektor abbildet. 20
4. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-3, wobei die Detektionseinheit nachgeführt wird.
5. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-4, wobei der Detektor mit vorgeordnetem Pinhole nachgeführt wird. 25
6. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-3, wobei die Detektionseinheit flächenhaft ausgebildet und eine synchronisierte Nachführung eines der Detektionseinheit vorgeordneten Pinholes erfolgt. 30
7. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-3, wobei im Detektionsstrahlengang ein Scanspiegel nachgeordnet, der durch synchronisierte Ansteuerung das Beleuchtungslicht auf einen Detektor oder ein einem Detektor vorgeordnetes Pinhole abbildet. 35
8. Optisches Nahfeldmikroskop nach Anspruch 7, wobei der Scanspiegel Scanspiegel eines Laser-Scanning-Mikroskopes oder von Teilen davon ist. 40
9. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-8, wobei die Sonde auf einen aus mehreren Elementen bestehenden Detektor (z. B. CCD-Kamera) abgebildet wird und das Auslesen der einzelnen Elemente mit der Scanbewegung der Sonde synchronisiert wird. 45
10. Optisches Nahfeldmikroskop nach Anspruch 9, wobei nur so viele Elemente gleichzeitig aktiv sind, daß eine konfokale Abbildung gewährleistet ist. 50
11. Optisches Nahfeldmikroskop mit einer auf einer Seite einer lichtdurchlässigen Probe angeordneten rasterartig bewegten Sondenspitze, wobei die Sonde zur Erfassung von Probenlicht dient und, der Sonde in Beleuchtungsrichtung eine Detektionseinheit nachgeordnet ist und auf der anderen Seite der Probe eine der Sondenbewegung angepaßte rasterartige Beleuchtung erfolgt. 55
12. Optisches Nahfeldmikroskop nach Anspruch 11, wobei eine Beleuchtung über den Scanspiegel eines Laser-Scanning-Mikroskopes oder Teilen davon erfolgt. 60
13. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die nachgeführte Beleuchtung nur ein konfokales Volumen um die Sonde ausleuchtet. 65
14. Optisches Nahfeldmikroskop als Bestandteil eines Laser-Scanning-Mikroskopes.
15. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens ei-

4

nem der Ansprüche 1-14, wobei die Nahfeldsonde im Strahlengang eines Mikroskopes auf der dem Mikroskopobjektiv entgegengesetzten Seite angeordnet ist.
 16. Optisches Nahfeldmikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 1-15, wobei das Mikroskop eine seitliche Einkopplung eines Scanstrahlenganges aufweist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:
Int. Cl.⁶
Offenlegungstag:

DE 198 22 869 A1
G 02 B 21/00
25. November 1999

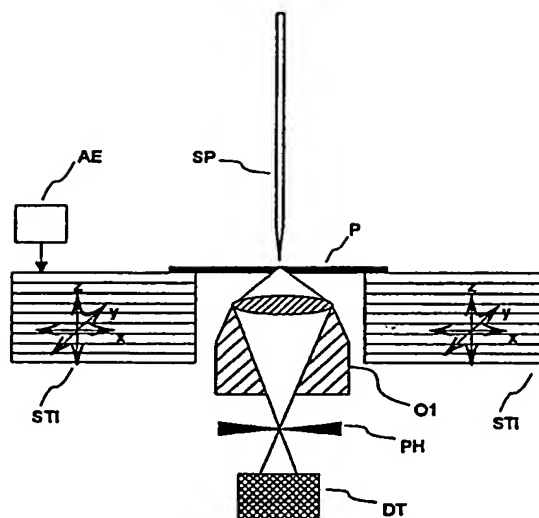


Fig. 1

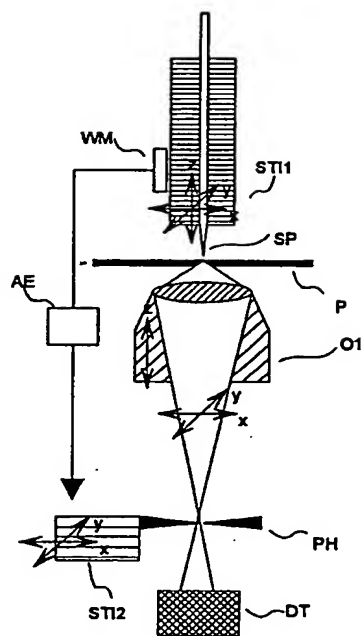


Fig 2

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:
Int. Cl.⁶:
Offenlegungstag:

DE 198 22 869 A1
G 02 B 21/00
25. November 1999

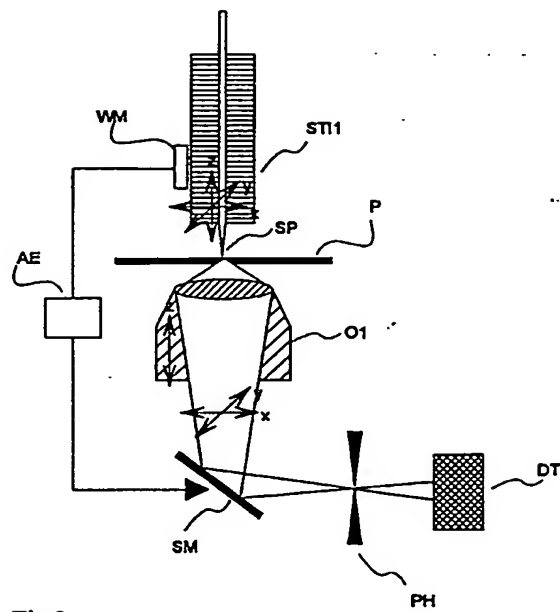


Fig. 3.

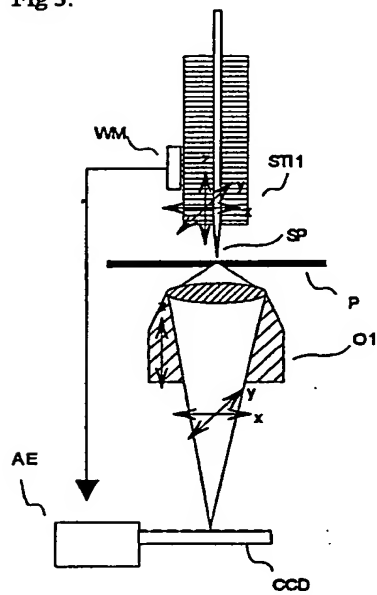
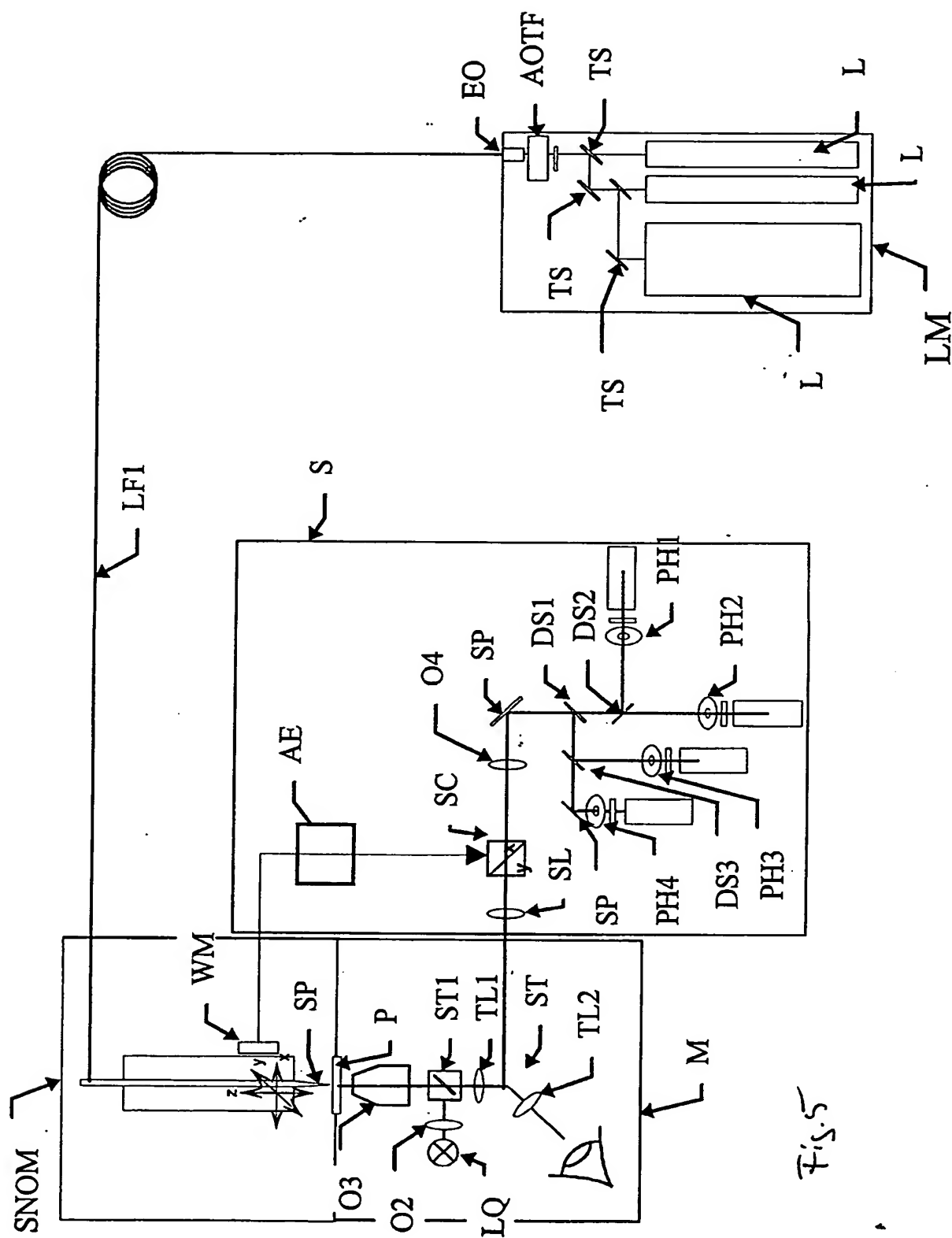


Fig. 4

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:
Int. Cl.⁶:
Offenlegungstag:

DE 198 22 869 A1
G 02 B 21/00
25. November 1999



ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:
Int. Cl.⁶:
Offenlegungstag:

DE 198 22 869 A1
G 02 B 21/00
25. November 1999

